

[0009]

[Means for Solving the Problem]

For the first inspection method according to the present invention, in a method which loads a photosensitive substrate W, which has a photosensitive layer formed on a surface thereof, onto a fixed exposure reference surface as shown in Fig. 2 for example, and which inspects the imaging characteristics of a projection optical system PL of an exposure apparatus that exposes a pattern of a mask R onto the photosensitive substrate, as shown in Fig. 1 for example, after using a mask, which has patterns for periodic measurement (14, 15) formed in the measuring direction, and a masking means (a mask which has patterns 18, 19 formed thereon or a field stop and the like for handling only the patterns 18, 19), which handles only the patterns (18, 19) of two fixed locations within the patterns for the measurement, to expose images of the patterns for measurement onto the photosensitive substrate via the projection optical system, an exposure is conducted (using the masking means) in order to extract the exposed images corresponding to the patterns (18, 19) of the two fixed locations within the images of the patterns for the measurement, and from the dimensions of the extracted images of the patterns of the two locations, the direction of aberration and aberration amount of the projection optical system are determined.

[0010]

Furthermore, in a method which loads a photosensitive substrate W, which has a photosensitive layer formed on a surface thereof, onto a fixed exposure reference surface as shown in Fig. 2 for example, and which inspects the imaging characteristics of a projection optical system PL of an exposure apparatus that exposes a pattern of a mask R onto the photosensitive substrate, as shown in Fig. 3 for example, the second inspection method of the present invention uses a mask, on which is formed a first lattice-like pattern group with arranged lattice-like patterns (22-1 to 22-n) each comprising a pattern of a plurality of neighboring straight lines, and a second lattice-like pattern group with arranged lattice-like patterns (23-1 to 23-n) each comprising a straight line pattern which intersects the plurality of neighboring straight line patterns in a fixed direction, and a masking means (patterns (24-1 to 24-n) or a field stop), which handles only prescribed extraction object patterns within each lattice-like pattern of the first lattice-like pattern group and the second lattice-like pattern group.

[0011]

The method comprises a first exposure step for exposing an image of the first

lattice-like pattern group onto the photosensitive substrate via the projection optical system, a second exposure step for overlapping and exposing the image of the second lattice-like pattern group on top of the exposed latent image of the first lattice-like pattern group, a third exposure step for extracting the latent image (patterns 27-1 to 27-n of Fig. 4(B)) corresponding to the prescribed extraction object pattern among the latent images of the first lattice-like pattern group and the second lattice-like pattern group, and a measurement step for measuring a dimension L1 of the latent image corresponding to the extraction object pattern which was extracted. In this case, it is preferable to uniformly set intervals P1 of the lattice-like pattern that constitutes the first lattice-like pattern group and the second lattice-like pattern group.

[0012]

[Operation of the Invention]

According to such a first inspection method of the present invention, images corresponding only to the patterns (18, 19) of the two locations within the images of the patterns for measurement (14, 15) are extracted. In this case, if an asymmetrical aberration exists in the projection optical system, the occurrence of a difference in the width of the umbra at the edges of the images of the patterns for the periodic measurement is recognized. Accordingly, by setting the patterns (18, 19) of the two locations to the positions corresponding to the umbra at the edges of the images of the patterns for the measurement (14, 15), only the images corresponding to the umbra at the edges are extracted. By comparing the widths of these images, the amount of asymmetric aberration of the projection optical system can be measured.

[0013]

In this case, since images other than the images corresponding to the umbra at the edges will be eliminated, the widths of the images corresponding to the umbra at the edges can be accurately measured, for example, using an optical technique such as scanning with a light beam of a fixed shape. Accordingly, the asymmetric aberration of a projection optical system can be measured with high precision and high speed without the use of a scanning electron microscope. Furthermore, the measurement of the patterns obtained from the development of these exposed images may also be conducted in order to measure the dimensions, such as the width, of these images. In addition, if a photochromic material is used as the photosensitive substrate, for example, it is possible to easily measure the dimensions, such as the width, of the images using the gradation of the latent image obtained by the exposure.

[0014]

Furthermore, according to the second inspection method of the present invention,

as shown in Figs. 3(A) and (B) for example, the mutually oblique first lattice-like pattern group and second lattice-like pattern group are used as the exposure pattern. If a positive resist, for example, is used as the photosensitive material of the photosensitive substrate, and the image of the first lattice-like pattern group and the image of the second lattice-like pattern group are exposed in sequence so as to overlap each other, then, as shown in Fig. 3(D), an overlapped exposure pattern of the two lattice-like pattern group images can be obtained. Next, the third exposure step extracts rhombic patterns (27-1 to 27-n of Fig. 4(B)) from an end within the overlapped portion of the images of the two lattice-like pattern groups. In the measuring step, if a light spot, for example, is radiated on top of the extracted rhombic pattern, and the intensity of diffracted light from the pattern is monitored while the light spot and the photosensitive substrate are moved relative to each other, then a length $L1$ of the rhombic pattern can be measured by a change in the intensity of the reflected light.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-217872

(43)公開日 平成5年(1993)8月27日

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8831-4M

7352-4M

8831-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 4 1 D

3 0 1 V

3 4 1 K

審査請求 未請求 請求項の数3(全 10 頁)

(21)出願番号

特願平4-54213

(22)出願日

平成4年(1992)2月5日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 蛭川 茂

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式

会社ニコン大井製作所内

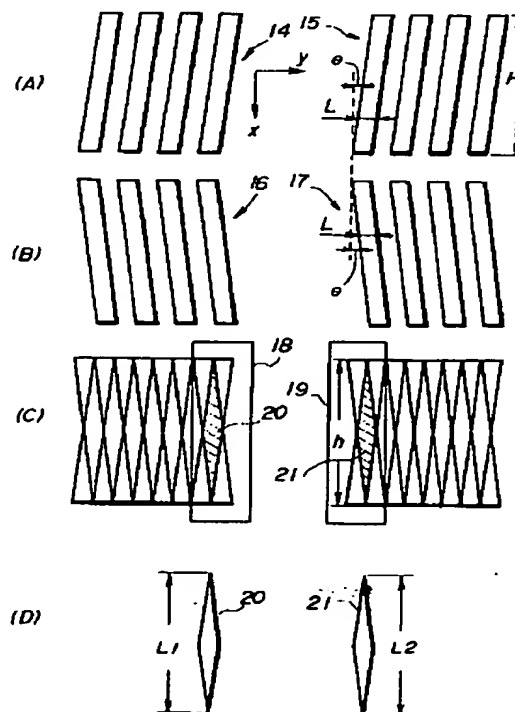
(74)代理人 弁理士 大森 聡

(54)【発明の名称】 投影光学系の検査方法

(57)【要約】

【目的】 走査型電子顕微鏡を使用することなく高精度且つ高速に投影光学系の非対称収差量を計測する。

【構成】 1回目の露光で格子状パターン14, 15を露光し、2回目の露光で格子状パターン16, 17を露光し、3回目の露光で遮光パターンの像18, 19を露光して、現像後に両端のレジストパターン20及び21を得る。レジストパターン20及び21のそれぞれの長さL1及びL2の差より投影光学系の非対称収差量を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に感光層が形成された感光基板を所定の露光基準面に載置し、該感光基板にマスクのパターンを露光する露光装置の投影光学系の結像特性を検査する方法において、

計測方向に周期的な計測用のパターンが形成されたマスクと、前記計測用のパターンの内の所定の2箇所のパターンのみに対応するマスクング手段とを用い、

前記計測用のパターンの像を前記投影光学系を介して前記感光基板に露光した後に、該露光された計測用のパターンの像の内の前記所定の2箇所のパターンに対応する像を抽出するための露光を行い、

該抽出された2箇所のパターンの像の寸法より前記投影光学系の収差の方向及び収差量を求める事を特徴とする投影光学系の検査方法。

【請求項2】 表面に感光層が形成された感光基板を所定の露光基準面に載置し、該感光基板にマスクのパターンを露光する露光装置の投影光学系の結像特性を検査する方法において、

それぞれ近接した複数本の直線パターンからなる格子状パターンを配列した第1の格子状パターン群及びそれぞれ近接した複数本の前記直線パターンと所定方向に交差する直線パターンからなる格子状パターンを配列した第2の格子状パターン群が形成されたマスクと、前記第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群の格子状パターン内の所定の抽出対象パターンのみに対応するマスクング手段とを用い、

前記感光基板に前記第1の格子状パターン群の像を前記投影光学系を介して露光する第1の露光工程と、

該露光された前記第1の格子状パターン群の潜像の上に前記第2の格子状パターン群の像を重ね合わせて露光する第2の露光工程と、

前記第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群の潜像の内の前記所定の抽出対象パターンに対応する潜像を抽出するための第3の露光工程と、

該抽出された抽出対象パターンに対応する潜像の寸法を計測する計測工程とを有する事を特徴とする投影光学系の検査方法。

【請求項3】 前記第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群を構成する格子状パターンの間隔が等しい事を特徴とする請求項2記載の投影光学系の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等の製造に用いる投影露光装置の投影光学系を検査する際に適用して好適な投影光学系の検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体素子や液晶表示素子等をリ

ソグラフィ工程で製造する際に、レチクル上に形成されたパターンの例えば1/5の縮小像をウェハ上に投影する投影光学系を備えた投影露光装置が使用されている。この際、投影光学系に収差が存在すると、レチクル上のパターンの像がウェハ上に正確に転写されなくなり、製造された半導体素子等の特性が不十分なものとなり、極端な場合には半導体素子等そのものが正常に動作しなくなるという問題が生じる。

【0003】このため投影光学系の収差量が許容範囲内であるかどうかを予め検査する必要がある。以下では検査対象の収差として、投影光学系のコマ収差及び投影光学系の機械的な中心と光軸との偏心によるコマ収差を含む非対称収差を扱う。従来はこのような非対称収差に関する検査は、投影光学系を投影露光装置に装着した状態で、レチクル上に形成された複数の直線パターン（例えばライン/スペースパターン）の像を実際に投影光学系を介してウェハ上に露光し、その露光された像の非対称量を計測することにより行われていた。この場合、非対称収差が存在する場合には、その収差の非対称方向について形成される直線パターンの空間像にも非対称が生じることから、その非対称収差を検出することができる。

【0004】即ち、例えば露光光として水銀ランプのi線を使用し、開口数NAが0.45で縮小倍率が1/5の投影光学系を用い、照明光学系のコヒーレンシを表すσ値（照明光学系の開口数の投影光学系の入射側の開口数に対する比）を0.3に設定した状態で、ピッチが0.5μmで5本の暗線パターンを配列して形成されたライン/スペースパターンをウェハ上に露光するものとする。この場合、図7（A）に示すように、レチクル上には光透過部の中にピッチ2.5μmで5本の暗線パターンPTN1が形成され、図7（A）のパターンを透過した直後の露光光の強度分布を示す図7（B）より明かなように、図7（A）の暗線パターンの直後の光強度は0である。

【0005】そして、図7（C）は、コマ収差が0μmの場合の図7（A）のパターンに対応するウェハ上の投影像の強度分布を示し、図7（D）は、コマ収差が0.5μmの場合の図7（A）のパターンに対応するウェハ上の投影像の強度分布を示す。この内の図7（C）のコマ収差が0μmの場合には、左右両側の暗部の幅Δ1及びΔ2に差はないが、図7（D）のコマ収差が0.5μmの場合には、コマ収差方向である右端の暗線パターンの幅Δ2が左端の暗線パターンの幅Δ1よりも広がっている。そして、ポジレジストを用いてパターンの転写をする際には、像の強度が小さい部分にレジストが残ることになる。このため、従来の技術では、露光された計測用レジストパターンの両端のパターンの寸法差を、走査型電子顕微鏡（SEM）等を用いて計測し、予め求めておいた非対称収差量とその寸法差との関係を参照することにより、その投影光学系の非対称収差を計測してい

た。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の走査型電子顕微鏡による計測法では走査型電子顕微鏡の電子光学系の収差により、パターン寸法を正しく計測できず、この計測誤差のために収差量を正しく求められない虞があった。

【0007】また、走査型電子顕微鏡のオペレータの習熟度によっては、電子光学系のアライメントが充分にできないために、収差が残存した状態で計測を行うこともあり、これがオペレータ間の計測差となっていた。更に、走査型電子顕微鏡の計測は処理速度が遅いために、露光フィールド内の多数の計測点の収差量の計測が困難であるという不都合もあった。また、走査型電子顕微鏡を使用せずに微細パターン寸法を計測するには、光学顕微鏡を使用するのが一般的である。しかし、光学顕微鏡は走査型電子顕微鏡に対して分解能が低く、現在のハーフミクロンパターンの検査には充分な計測精度が得られなかった。

【0008】本発明は斯かる点に鑑み、走査型電子顕微鏡を使用することなく高精度且つ高速に投影光学系の非対称収差量を計測できる検査方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の検査方法は、例えば図2に示す如く、表面に感光層が形成された感光基板Wを所定の露光基準面に載置し、この感光基板にマスクRのパターンを露光する露光装置の投影光学系PLの結像特性を検査する方法において、例えば図1に示すように、計測方向に周期的な計測用のパターン(14, 15)が形成されたマスクと、その計測用のパターンの内の所定の2箇所のパターン(18, 19)のみに対応するマスキング手段(パターン18, 19が形成されたマスク又はパターン18, 19に対応する視野絞り等)とを用い、その計測用のパターンの像をその投影光学系を介してその感光基板に露光した後に、(そのマスキング手段を用いて)この露光された計測用のパターンの像の内のその所定の2箇所のパターン(18, 19)に対応する像を抽出するための露光を行い、この抽出された2箇所のパターンの像の寸法よりその投影光学系の収差の方向及び収差量を求めるものである。

【0010】また、本発明の第2の検査方法は、例えば図2に示すように、表面に感光層が形成された感光基板Wを所定の露光基準面に載置し、この感光基板にマスクRのパターンを露光する露光装置の投影光学系PLの結像特性を検査する方法において、例えば図3に示すように、それぞれ近接した複数本の直線パターンからなる格子状パターン(22-1~22-n)を配列した第1の格子状パターン群及びそれぞれ近接した複数本のそれら直線パターンと所定方向に交差する直線パターンからな

る格子状パターン(23-1~23-n)を配列した第2の格子状パターン群が形成されたマスクと、それら第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群の各格子状パターン内の所定の抽出対象パターンのみに対応するマスキング手段(パターン(24-1~24-n)又は視野絞り)とを使用する。

【0011】そして、その感光基板にその第1の格子状パターン群の像をその投影光学系を介して露光する第1の露光工程と、この露光されたその第1の格子状パターン群の潜像の上にその第2の格子状パターン群の像を重ね合わせて露光する第2の露光工程と、その第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群の潜像の内のそれら所定の抽出対象パターンに対応する潜像(図4(B)のパターン27-1~27-n)を抽出するための第3の露光工程と、この抽出された抽出対象パターンに対応する潜像の寸法L1を計測する計測工程とを有するものである。この場合、その第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群を構成する格子状パターンの間隔P1を等しく設定することが望ましい。

【0012】

【作用】斯かる本発明の第1の検査方法によれば、計測用のパターン(14, 15)の像の内の2箇所のパターン(18, 19)のみに対応する像が抽出される。この場合、投影光学系に非対称収差が存在すると、周期的な計測用のパターンの像の両端の暗部の幅に差が生ずることが分かっている。従って、それら2箇所のパターン(18, 19)をそれら計測用のパターン(14, 15)の像の両端の暗部に対応する位置に設定することにより、両端の暗部に対応する像のみが抽出される。これら像の幅を比較することにより、その投影光学系の非対称収差の量を計測することができる。

【0013】この場合、両端の暗部に対応する像以外の像が消去されているので、それら両端の暗部に対応する像の幅は、例えば所定形状の光ビームを走査する等の光学的手法でも正確に計測することができる。従って、走査型電子顕微鏡を使用することなく、高精度且つ高速に投影光学系の非対称収差量を計測できる。また、それら像の幅等の寸法を計測するには、それら露光された像を現像して得られたパターンを計測することにより行ってもよい。それ以外に、例えば感光基板としてホトクロミック材を使用すれば、露光して得られた潜像の段階でも像の幅等の寸法を容易に計測することができる。

【0014】また、本発明の第2の検査方法によれば、例えば図3(A)及び(B)に示すように、露光パターンとして互いに斜交する第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群が使用される。そして、感光基板の感光材として例えばポジレジストを使用して、第1の格子状パターン群の像と第2の格子状パターン群の像とを順次互いに重なるように露光すると、図3(D)に示すように、2つの格子状パターン群の像が重なった露光

パターンが得られる。次に、第3の露光工程により、それら2つの格子状パターン群の像が重なった部分の内の、一端のひし形のパターン（図4（B）の27-1～27-n）を抽出する。そして、計測工程において、この抽出されたひし形のパターンの上に例えば光スポットを照射してパターンからの回折光の強度をモニターすると共に、光スポットと感光基板とを相対的に移動させると、反射光の強度が変化することにより、そのひし形のパターンの長さL1を計測することができる。

【0015】同様に、上述の第1～第3の露光工程により、それら2つの格子状パターン群の像が重なった部分の内の、他端のひし形のパターン（図4（C）の29-1～29-n）を抽出し、この抽出されたひし形のパターンの長さL2を計測する。そして、投影光学系が図4のy方向のコマ収差成分を持っている場合には、上述のように、形成される空間像はそのy方向の一端側の暗部の幅と他端側の暗部の幅とが異なる。このため、互いに斜交するパターンについては、暗部の幅が広い側の方が交差した暗部に対応するひし形のパターンの長さ（L1又はL2）が長くなる。

【0016】図1を参照してこのように幅が長さに拡大されることについてより詳細に説明する。図1において、収差の計測方向をy方向、これに垂直な方向をx方向とする。また、第1の格子状パターン群が図1（A）の格子状パターン（14, 15）より構成され、第2の格子状パターン群が図1（B）の格子状パターン（16, 17）より構成され、格子状パターン（14, 15）と格子状パターン（16, 17）との交差角を 2θ （ $\theta \ll 1$ ）として、第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群の或る格子状パターンの一端の直線パターンのy方向の幅及びx方向の長さをそれぞれL及びHとする。

【0017】そして、簡単のため投影光学系の投影倍率を1として非対称収差が無いものとする、それら第1の格子状パターン群の像と第2の格子状パターン群の像とを重ね合わせることにより図1（C）の一連のひし形の露光パターンが得られる。第3の露光工程によりその一端の露光パターン（21）が得られ、同様にして他端の露光パターン（20）も得られる。その内の一端のひし形の露光パターン（21）は、頂角が 2θ でx方向の長さhが次式で表される。

$$\text{【数1】 } h = L / \tan \theta$$

【0018】従って、（ $\theta \ll 1$ ）の条件下では、ひし形の露光パターン（21）のx方向の長さhはy方向の幅Lよりも例えば数10倍に拡大されるので、その長さhは光学的な観察手段でも容易に正確に計測することができる。また、直線状のパターンの長さHは、そのひし形のパターン（21）の長さhよりも所定量だけ長くしておく必要がある。

【0019】また、投影光学系に非対称収差としてのコ

マ収差がy方向に存在すると、第1の格子状パターン群（14, 15）の像の両端の暗部のパターンの幅が異なった値になり、第2の格子状パターン群（16, 17）の像の両端の暗部のパターンの幅も異なった値になる。従って、上記の（数1）における幅Lが変化して、x方向の長さhも拡大されて変化することから、それら両端の暗部のひし形のパターン（20, 21）の幅の差を長さの差として拡大して容易且つ正確に計測することができる。このように計測されたパターンの長さの差に基づいて、予め求めておいた収差量とパターンの長さの差との関係を参照することにより、y方向に関する非対称収差の量を求めることができる。

【0020】また、その第1の格子状パターン群（図3（A））及び第2の格子状パターン群（図3（B））を構成する格子状パターンのy方向の間隔P1を等しく設定した場合には、図4（B）に示すように、第3の露光工程により抽出されたパターン（27-1～27-n）のy方向の間隔も等しくなり、これら抽出されたパターン（27-1～27-n）は回折格子として作用する。従って、例えばy方向に細長い光スポットを照射して回折光を検出することにより、より高いSN比で正確に抽出されたパターンの長さを計測することができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明による投影光学系の検査方法の一実施例につき図面を参照して説明する。本例は投影露光装置の投影光学系の非対称収差を検査する場合に本発明を適用したものである。図2は本例の投影露光装置を示し、この図2において、水銀ランプ等の露光光源1からの露光光は、楕円鏡2で集光された後、露光量制御用のシャッター3を通り、オブティカルインテグレート4で照度が均一化された後に、主コンデンサレンズCLを介してレチクルRに照射される。光源1の発光強度がほぼ一定であるとする、シャッター3の開閉時間をシャッターコントローラ6で制御することで、常に一定の露光量が得られる。

【0022】レチクルRは2次元平面でx方向、y方向及び回転方向に微動できるレチクルステージRSに保持され、レチクルRのパターン領域に形成されたパターンが像側テレセントリックな投影光学系PLによってウェハステージST上のウェハW上に結像される。レチクルRの初期設定は、レチクルアライメント系5によりレチクルRのパターン領域の周辺のアライメントマークを検出することにより行われる。一方、ウェハステージSTは、投影光学系PLの光軸に垂直な面内でx方向及びy方向に一定量ずつウェハWをステップングさせ、ウェハW上のショット領域毎にレチクルRのパターン領域の像を露光するように動作する。このウェハステージSTは、ステージコントローラ7によって制御され、ステージコントローラ7には駆動用のモータと、ステージSTの座標値を逐次計測するレーザ干渉計とが設けられてい

る。

【0023】11はウェハW上の各種パターン（アライメントマーク等）を検出するためのウェハアライメント系を示し、本例ではこのウェハアライメント系11を用いてウェハ上に露光された収差計測用のパターンの寸法を計測する。このウェハアライメント系11において、レーザ光源11aからのレーザビームは、シリンドリカルレンズ等を含むレンズ系11b、ビームスプリッター11c及び対物レンズ10を経てミラーで折り曲げられて投影光学系PLに入射する。この場合、レーザビームは投影光学系PLの入射瞳の中心を通るように軸外から供給され、ウェハW上に垂直に入射し、レンズ系11bの作用でウェハW上で一方向に伸びたスリット状のスポット光となる。また、ウェハWから反射されたレーザビームは、投影光学系PL及び対物レンズ10を逆進し、ビームスプリッター11cで反射された後に、瞳リレー系11d、空間フィルター11e及び集光レンズを経て光電変換素子11fに入射する。

【0024】空間フィルター11eは、投影光学系PLの瞳面とほぼ共役な面内に配置され、ウェハWからの反射光の内の正反射光を遮断して回折光と散乱光のみを光電変換素子11fに通す。対物レンズ10を射出したレーザビームは、投影光学系PLの瞳中心で比較的小さなビーム断面寸法となるように、レーザビームの開口数が定められている。従って、投影光学系PL自体の開口数が大きくても、ウェハW上に達したビームの開口数は比較的小さくなる。

【0025】また、光電変換素子11fからの光電変換信号は、信号処理系12に供給され、この信号処理系12において収差計測用のパターンのプロフィールに対応した波形に基づいてパターンの寸法が計測される。この場合、信号処理系12は、ステージコントローラ7内のレーザ干渉計からの位置計測パルスを用いて、ウェハW上のスポット光とウェハWとを相対移動させたときに得られる光電変換信号をサンプリングする。本例ではこのようなTTL方式のウェハアライメント系11及び信号処理系12を用いて図4(B)，(D)に示した収差計測用のレジストパターンの長さL1及びL2を計測する。

【0026】更に、図2の例ではウェハWの露光面を投影光学系PLの結像面に所定の許容誤差内で合致させるために、以下のような斜入射光式の焦点検出系（オートフォーカスセンサー）が設けられている。即ち、光源13aからのレジストに対して非感光性の光を、投射光学系13bによって投影光学系PLの光軸に対して斜めにウェハW上に投射し、このウェハW上の後述のレジストパターン27-1～27-n及びレジストパターン29-1～29-nからの回折光を受光光学系13c及びスリット13dを介して光電検出器13eで受光する。光電検出器13eから出力される信号により、ウェハWの

露光面の投影光学系PLの光軸方向の位置を検出することができる。その光電検出器13eから出力される信号は焦点制御ユニット9に供給される。ステージコントローラ7の制御の下で、ウェハステージST中のZステージを駆動してウェハWの露光面の高さを所定の高さに設定することにより、自動焦点合わせが行われる。図2に示すように、光スポットを投影してパターンの寸法を計測するウェハアライメント系11を備えた投影露光装置のより詳細な構成及び動作については、特開平2-30112号公報に開示されている。

【0027】次に、図3を参照して、本例で使用するレチクルR上に形成された収差計測用のパターンについて説明する。本例のレチクルRの異なる領域には、それぞれ図3(A)に示す第1の格子状パターン群及び図3(B)に示す第2の格子状パターン群を形成する。図3(A)のパターンは、n個の（nは2以上の整数）格子状パターン22-1～22-nをピッチP1でy方向に配列したものであり、図3(B)のパターンは、n個の（nは2以上の整数）格子状パターン23-1～23-nをピッチP1でy方向に配列したものである。また、格子状パターン22-1～22-n及び格子状パターン23-1～23-nはそれぞれ4個の直線状の遮光パターンをピッチP2でy方向に配列したものであり、格子状パターン22-1～22-nと格子状パターン23-1～23-nとはそれぞれ角度 2θ （ $0 < \theta < \pi/8$ ）で交差するように形成されている。

【0028】更に、本例のレチクルRの異なる領域に、図3(C)に示すようなn個のピッチP1で配列された遮光パターン24-1～24-nが形成されている。各遮光パターン24-1～24-nはそれぞれ、格子状パターン22-1の一つの直線状の遮光パターンに外接する矩形パターンよりも少し大きめの矩形のパターンである。なお、この図3(C)のパターンは例えば図2の露光用の照明光学系中に配置する視野絞り（レチクルブラインド）によっても代用することができる。

【0029】次に、本例の投影光学系PLの非対称収差を検査するための露光動作及びパターン寸法の計測動作につき説明する。本例では図2のウェハWに塗布するレジストとしてはポジレジストを使用する。ポジレジストの場合には、現像すると、露光光が照射されなかった部分（暗部）のレジストだけが残る。また、以下の露光は図2の斜入射光式の焦点検出系を使用して、ウェハWを予め求めておいたベストフォーカス位置から所定の許容誤差範囲内に収めた上で実行される。

【0030】先ず、図2のウェハステージSTを駆動してウェハW上の所定の第1の露光領域を図3(A)のレチクルRの格子状パターン22-1～22-nと共役な領域に移動させた後に、第1回目の露光により、その格子状パターン22-1～22-nをウェハW上の第1の露光領域に露光する。次に、図2のウェハステージST

を移動させてウェハWの第1の露光領域を、図3(B)のレジスタRの格子状パターン23-1~23-nと共役な位置に移動させた後に、第2回目の露光によりそれら格子状パターン23-1~23-nを重ねて露光する。便宜上、投影光学系PLの投影倍率を1として表すと、それら2回の露光により図3(D)に示すように2種類の格子状パターンが重ね合わせられたパターン25-1~25-nが露光される。

【0031】次に、そのウェハWの第1の露光領域を図3(C)のレジスタRの遮光パターン24-1~24-nと共役な領域に移動させる。この場合、図4(A)に示すように、第1の格子状パターンと第2の格子状パターンとを重ね合わせて形成されたn個のパターンの一方の端部のひし形の図形にそれぞれそれら遮光パターンの像26-1~26-nが外接するような位置にウェハWの位置決めを行う。この状態で第3回目の露光により図3(C)の遮光パターン24-1~24-nを重ねて露光する。

【0032】これと平行してウェハW上の第2の露光領域にも、第1の格子状パターンと第2の格子状パターンとを重ね合わせて露光することにより図3(D)のパターン25-1~25-nを露光する。そして、この第2の領域では、図4(C)に示すように、第1の格子状パターンと第2の格子状パターンとを重ね合わせて形成されたn個のパターンの他方の端部のひし形の図形にそれぞれそれら遮光パターンの像28-1~28-nが外接するような位置にウェハWの位置決めを行う。この状態で第3回目の露光により図3(C)の遮光パターン24-1~24-nを重ねて露光する。

【0033】次に、ウェハWを例えば図2の投影露光装置とは別体のコートディベロッパー等で現像した後に、再び現像後のウェハWを図2のウェハステージST上に載置する。本例ではポジレジストが使用されているので、3回の露光により露光光が照射されなかった遮光領域のレジストだけが残っている。従って、図4(A)の露光パターンの現像により図4(B)に示す一連のひし形のレジストパターン27-1~27-nが残り、図4(C)の露光パターンの現像により図4(D)に示す一連のひし形のレジストパターン29-1~29-nが残る。次に、本例では、図2のウェハアライメント系11及び信号処理系12を用いてウェハステージSTを走査することにより、図4(B)のレジストパターン27-1~27-nのx方向の長さL1を計測し、その後図4(D)のレジストパターン29-1~29-nのx方向の長さL2を計測する。

【0034】例えば図4(B)のレジストパターン27-1~27-nはy方向に所定の間隔(図3(A)のy方向のピッチP1に投影倍率を乗じて得られた間隔)で並ぶために、図4(B)のy方向に細長い光スポットを照射することにより、所定の回折角の方向に回折光が発

生する。従って、図2のウェハアライメント系11等により、そのパターン長L1を計測することができる。同様に図4(D)のパターン長L2も計測することができる。

【0035】これに関して、投影光学系PLに図4のy方向の非対称収差が存在すると、例えば図3(D)の露光パターン25-1~25-nの両端の遮光部に対応するパターンのy方向の幅が異なるようになる。そして、図1を参照して説明したように、y方向の両端のy方向の幅が異なると、図4(B)のx方向の長さL1と図4(D)のx方向の長さL2との差が拡大される。従って、それらの差は光学的手法で容易に計測されるようになる。また、図4(B)のパターンの長さL1と図4(D)のパターンの長さL2との差を図5の縦軸にとると、実験的及び理論的に、投影光学系PLの使用条件を所定の状態に設定すると、コマ収差量は図5の横軸のような関係にあることが求められた。この関係を用いて、逆にパターンの長さの差からコマ収差量を求めることができた。更に、この値は走査型電子顕微鏡によるピッチP2のライン/スペースパターンの投影像の左右の線幅の差の計測結果とよく一致した。

【0036】このように本例によれば、2回の露光を行うことにより、投影光学系PLの非対称収差に起因するy方向の幅の差をx方向の長さの差に拡大すると共に、3回目の露光により不要なレジストパターンを消去するようにしているので、走査電子顕微鏡を使用することなく光学的手法で高速且つ正確に非対称収差量を計測できる利点がある。更に、本例では図3(A)の第1の格子パターン群22-1~22-n及び図3(B)の第2の格子パターン群23-1~23-nをそれぞれ等ピッチP1で形成しているため、例えば図4(B)のレジストパターン27-1~27-nはy方向に等ピッチで形成される。従って、そのレジストパターンにy方向に細長い光スポットを照射すると、所定の方向に強い回折光が射出されるので、そのレジストパターンの長さL1の計測がより高いSN比で正確に行える利点がある。

【0037】上述実施例では、図3(A)及び(B)に示すように、計測方向であるy方向に対して格子状パターンの直線パターンの方向はほぼ垂直である。しかしながら、本例の計測方法では、その計測する方向と格子状パターンの直線パターンの方向とがほぼ垂直である必要はない。図6はそのように、計測方向と格子状パターンの直線パターンとが大きく異なる場合を示し、この図6に示すように、計測方向に対して斜め方向の第1の格子状パターン30と第2の格子状パターン31とを重ね合わせて露光して露光パターン32を得る。続いて、その両端の各1個のひし形のパターンだけを遮光する投影パターン33及び34を重ねて露光してから現像することにより、ひし形のレジストパターン35を得る。レジストパターン35の外にもう一つのひし形のレジストパタ

ーンが得られる。形成されたレジストパターン35等の特定の計測方向の長さLを計測することにより、その方向の非対称収差量を計測することができる。

【0038】また、パターンの計測方向の長さの計測手法は図2の例に限定されるものではなく、例えばレジストパターンを撮像素子を用いて撮像し、画像処理を行って所定の方向の長さを求めてもよい。更に、上述実施例では現像後のレジストパターンの寸法を計測しているが、例えばホトクロミック素子を感光基板として用いることにより、潜像の段階でも3回の露光で重なったパターンの所定の計測方向の長さを容易に計測することができる。このように、本発明は上述実施例に限定されず本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0039】

【発明の効果】本発明の第1の検査方法によれば、2箇所のパターンを除く不要なパターンが消去されているので、走査電子顕微鏡を使用することなく光学的手法で高速且つ正確にそれら2箇所のパターンの像の寸法を計測することができ、ひいては投影光学系の収差状態を検査できる利点がある。

【0040】また、第2の検査方法によれば、更に、第1の格子状パターン群と第2の格子状パターン群とを重ねて露光することにより、各格子状パターンを構成する直線パターンの方向にほぼ垂直な方向の露光パターンの線幅がほぼその直線パターンの方向の長さに拡大される。従って、より正確に光学的手法で投影光学系の収差状態を検査することができる。また、第1の格子状パターン群及び第2の格子状パターン群をそれぞれ等間隔で構成した場合には、回折効果によりより高いSN比で高精度に露光パターンの寸法の差を計測できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影光学系の検査方法の原理説明図であり、(A)は第1の格子状パターン群の平面図、(B)は第2の格子状パターン群の平面図、(C)は第1の格子状パターン群と第2の格子状パターン群とを重ね

ねて露光して得られた露光パターンを示す平面図、

(D)は図1(C)のパターンから抽出された2個のひし形のパターンを示す平面図である。

【図2】本発明の一実施例の投影露光装置の全体の構成を示すブロック図である。

【図3】(A)は実施例の第1の格子状パターン群の平面図、(B)は実施例の第2の格子状パターン群の平面図、(C)は実施例の遮光パターンの平面図、(D)は第1の格子状パターン群と第2の格子状パターン群とを重ねて露光して得られた露光パターンの平面図である。

【図4】(A)は実施例の3回目の露光の説明図、

(B)は現像後のレジストパターンの平面図、(C)は実施例の異なる領域での3回目の露光の説明図、(D)はその異なる領域での現像後のレジストパターンの平面図である。

【図5】露光されたパターンの両端のパターンの長さの差と投影光学系のコマ収差量との関係を示す特性図である。

【図6】本発明の他の実施例の格子状パターン及び露光結果を示す線図である。

【図7】従来の投影光学系の収差量の計測方法の説明に供する線図である。

【符号の説明】

R レチクル

PL 投影光学系

W ウェハ

11 ウェハアライメント系

14, 15 格子状パターン

16, 17 格子状パターン

18, 19 遮光パターンの像

20, 21 抽出されたひし形のパターン

22-1~22-n 格子状パターン

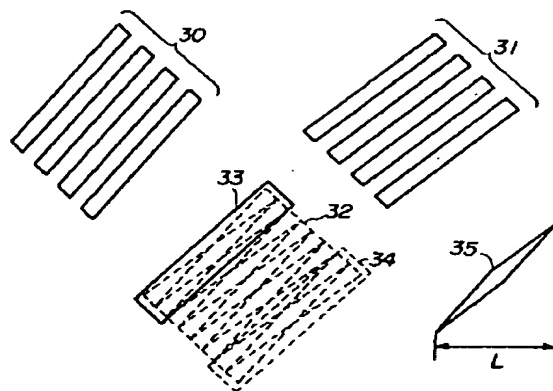
23-1~23-n 格子状パターン

24-1~24-n 遮光パターン

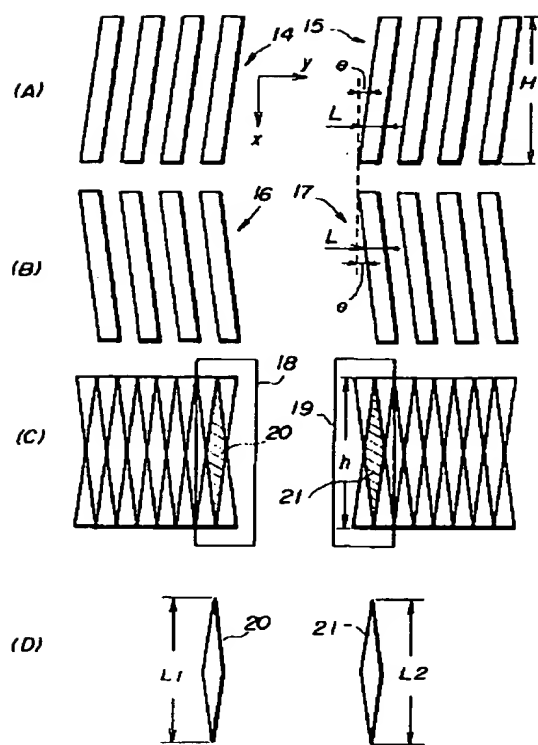
27-1~27-n レジストパターン

29-1~29-n レジストパターン

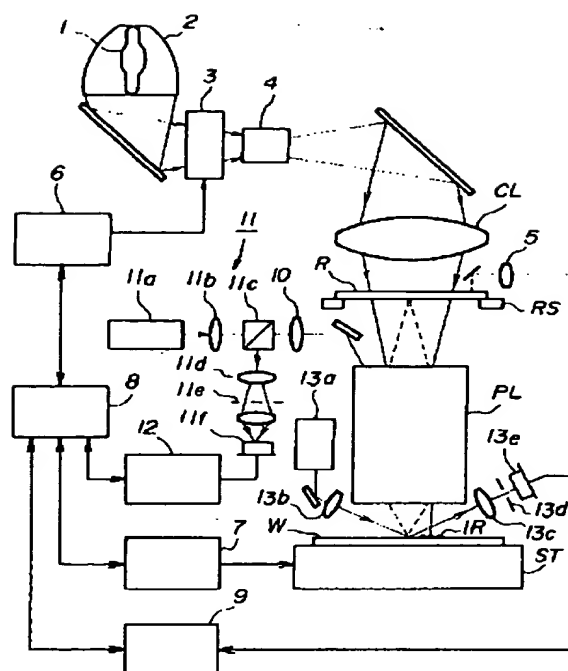
【図6】



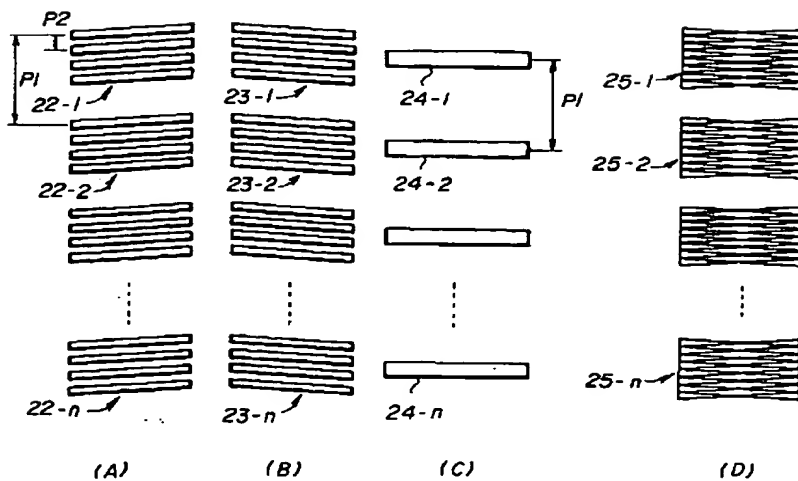
【図1】



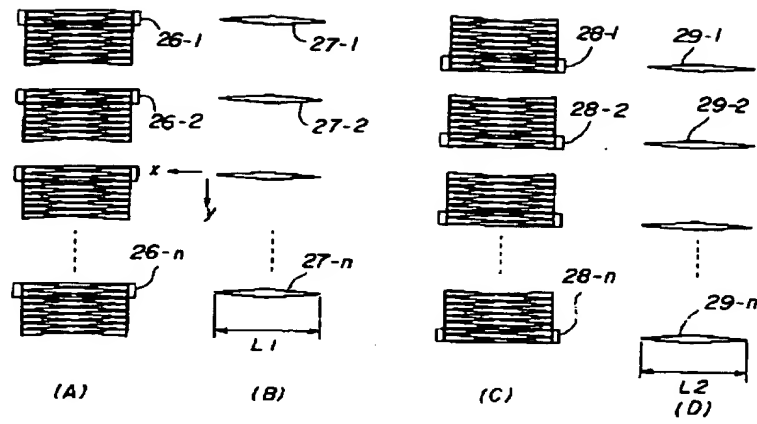
【図2】



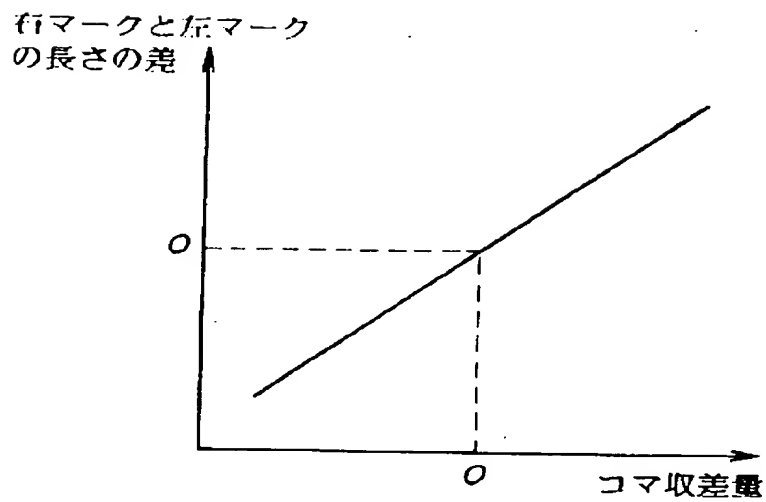
【図3】



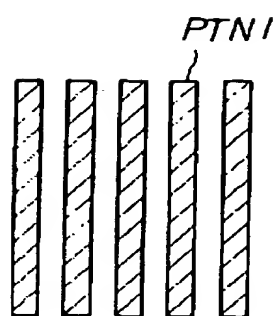
【図4】



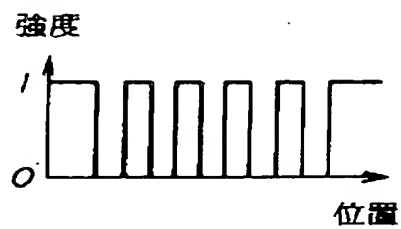
【図5】



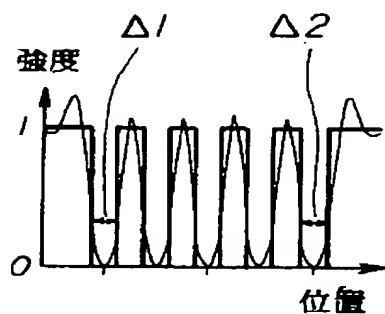
【図7】



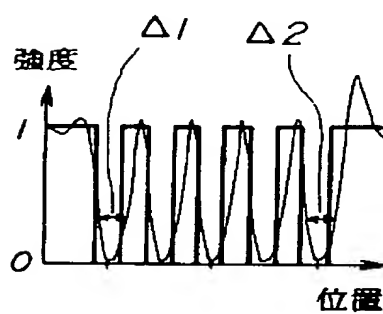
(A)



(B)



(C)



(D)